

T S1/FULL/ALL

1/19/1 (Item 1 from file: 345)  
 DIALOG(R)File 345:Inpadoc/Fam.& Legal Stat  
 (c) 2001 EPO. All rts. reserv.

16303859

Basic Patent (No,Kind,Date): CN 1267106 A 20000920 <No. of Patents: 001>

PATENT FAMILY:

CHINA (CN)

Patent (No,Kind,Date): CN 1267106 A 20000920  
 SEMICONDUCTOR LASER DEVICE WITH EQUILATERAL-TRIANGLE RESONANCE CAVITY  
 (English)  
 Patent Assignee: SEMICONDUCTOR INST CHINESE ACA (CN)  
 Author (Inventor): HUANG YONGZHEN (CN)  
 Priority (No,Kind,Date): CN 99103364 A 19990316  
 Applic (No,Kind,Date): CN 99103364 A 19990316  
 IPC: \* H01S-003/081  
 Derwent WPI Acc No: ; G 01-235671  
 Language of Document: Chinese

1/19/2 (Item 1 from file: 351)  
 DIALOG(R)File 351:Derwent WPI  
 (c) 2001 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

013751459

WPI Acc No: 2001-235671/200125

XRPX Acc No: N01-168463

**Semiconductor laser device with equilateral-triangle resonance cavity**

Patent Assignee: SEMICONDUCTOR INST CHINESE ACAD SCI (SEMI-N)

Inventor: HUANG Y

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
CN 1267106	A	20000920	CN 99103364	A	19990316	200125 B

Priority Applications (No Type Date): CN 99103364 A 19990316

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan Pg	Main IPC	Filing Notes
CN 1267106	A		H01S-003/081	

Abstract (Basic): CN 1267106 A

NOVELTY - A semiconductor laser device with equilateral-triangle resonance cavity is composed of ordinary lateral-emitting laser device and flat waveguide consisting of lower limit layer, active region and upper limit layer. It features that the outside area of the equilateral-triangle is etched to lower limit layer or substrate, the unetched equilateral-triangle region is used as resonance cavity and the laterals of triangle are used as reflecting mirrors.

USE - Semiconductor laser.

ADVANTAGE - Its advantages are simple structure, easy implementation, uniformly distributed light field in cavity, high directivity of laser radiation and small-size.

DwgNo 0/0

Title Terms: SEMICONDUCTOR; LASER; DEVICE; EQUILATERAL; TRIANGLE; RESONANCE ; CAVITY

Derwent Class: V08

International Patent Class (Main): H01S-003/081

File Segment: EPI

Manual Codes (EPI/S-X): V08-A01A; V08-A04A

?

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl<sup>7</sup>

H01S 3/081

## [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 99103364.7

[43]公开日 2000 年 9 月 20 日

[11]公开号 CN 1267106A

[22]申请日 1999.3.16 [21]申请号 99103364.7

[71]申请人 中国科学院半导体研究所

地址 100083 北京市海淀区肖庄

[72]发明人 黄永箴

[74]专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

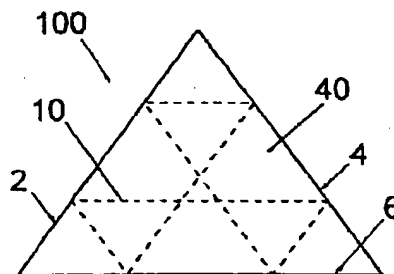
代理人 汤保平

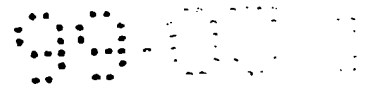
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图页数 4 页

[54]发明名称 等边三角形谐振腔半导体激光器

[57]摘要

一种三角形谐振腔半导体激光器,结构包括普通边发射激光器由下限制层,有源区和上限制层构成的平板波导,其特征在于:等边三角形外部区域腐蚀到下限制层或衬底,而未腐蚀的等边三角形区域作为谐振腔,三角形边作为反射镜面;本发明结构简单,易于实施,并能够实现腔内光场较均匀分布及提高激光辐射方向性,能制成很小尺寸谐振腔的微腔半导体激光器。





## 权 利 要 求 书

---

1、一种三角形谐振腔半导体激光器，结构包括普通边发射激光器由下限制层，有源区和上限制层构成的平板波导，其特征在于：等边三角形外部区域腐蚀到下限制层或衬底，而未腐蚀的等边三角形区域作为谐振腔，三角形边作为反射镜面。

2、根据权利要求 1 所述的等边三角形谐振腔半导体激光器，其特征在于：三角形谐振腔的三个角区浅腐蚀三个小等边三角形以形成横向波导。

3、根据权利要求 1 所述的等边三角形谐振腔半导体激光器，其特征在于：只深刻蚀三角形三条边的中心段作为高反射镜面，并在三角形谐振腔的三个角区浅腐蚀三个小等边三角形以形成横向波导。

4、根据权利要求 1 所述的等边三角形谐振腔半导体激光器，其特征在于：三角形的一边上有一耦合波导以得到激光输出。

5、根据权利要求 1 所述的等边三角形谐振腔半导体激光器，结构包括普通边发射激光器由下限制层，有源区和上限制层构成的平板波导，其特征在于，这种菱形和梯形是由两个到多个同样大小的等边三角形所组成的，菱形和梯形的外部区域腐蚀到下限制层或衬底，而未腐蚀的菱形和梯形区域作为谐振腔，边界作为反射镜面。

# 说明书

## 等边三角形谐振腔半导体激光器

本发明涉及半导体激光器（或半导体器件），更具体地，本发明涉及等边三角形谐振腔半导体激光器。

在半导体激光器中谐振腔起到反馈光的作用并实现光的相干增强效应，为实现这一功能可有多种结构的谐振腔，如由平行解理面构成的法布里-珀罗腔，由周期性折射率或增益变化引起光反馈的分布布拉格反馈谐振腔，以及具有全反射回音壁模式的微盘结构等等。在微盘结构中，回音壁模式在微盘内传播时以大于全反射临界角的角度入射到盘的边缘而被限制在盘内传播。微盘激光器能高效地利用有源介质，得到极低阈值激励，但它对光的限制很强，激光输出主要依靠泄漏及表面粗糙引起的光散射，结果输出功率很小而且没有方向性。为提高微盘腔的激光输出，人们采用了刻槽及光栅等技术，但激光输出功率仍很小。1998年6月美国《科学》杂志发表了一题为“混沌谐振腔微激光器中具有方向性的高功率辐射”（“High-power directional emission from microlasers with chaotic resonators”，Science, vol. 280, pp. 1556-1564, 5 June, 1998）的论文，报道了一种变形的圆盘激光器，在腔内传播的激光模式所经路径类似于蝴蝶结形状，输出功率比具有回音壁模式的微盘激光器高三个量级。

本发明的目的是提出一种等边三角形谐振腔半导体激光器，其结构简单，易于实施，并能够实现腔内光场较均匀分布及提高激光辐射方向性，能制作成很小尺寸谐振腔的微腔半导体激光器。

本发明的核心思想是形成一个等边三角形的谐振腔，在等边三角形腔内任一点与三角形边平行的光线经过在等边三角形边上的六次全反射，将回到原来出发点，并保持原来的方向，而且所经过的路程正好是等边三角形的周长。平行于三角形边的光在边界的入射角是  $30^\circ$ ，因此谐振腔材料的折射率只要大于  $1/\sin 30^\circ = 2$  就可实现所述光的全反射。这样由折射

率大于 2 的材料刻蚀形成的等边三角形相当于是一个腔长为三角形周长的谐振腔，而且具有接近于 1 的反射系数。在这个谐振腔中，平面上 6 个方向(每个方向间隔  $60^\circ$ )上的自发发射都将耦合进入激光模式，因此可以预计得到的激光器具有较大的自发发射因子，即进入模式的自发辐射的比例较高。

采用离子束刻蚀可以得到接近于镜面的三角形界面，并得到微米量级的三角形，因此等边三角形谐振腔适于制作微腔激光器。腔长短的谐振腔纵模间距很大，易于单纵模工作，因此三角形谐振腔可用于制作单纵模半导体激光器。制作出一系列大小不等的三角形谐振腔列阵，通过三角形的大小调节激光波长，可得到多波长的激光列阵。在波分复用光系统中，令含有不同光信号的波导与不同谐振腔耦合，当波导中的信号光波长与某个谐振腔的模式波长一致时，会产生强耦合，从而可从这个谐振腔的得到所对应波长的光信号。采用三角形谐振腔，我们可制作波分复用光通信系统所需的解复用器。

在三角形谐振腔中，与三角形边平行并处于中心区的光线总是远离三个角区传播，而在三角形边附近与三角形边平行的光线则限制在外侧传播，这样通过对谐振腔的三个角区的修饰能够形成横向光波导，从而实现横模的控制。在小尺度的等边三角形谐振腔中结合横向波导，可以得到单模激光器。对于一个每边长  $5\mu\text{m}$  的三角形谐振腔构成的  $1.5\mu\text{m}$  InGaAsP 激光器，谐振腔长为  $15\mu\text{m}$ ，取群折射率为 4，则纵横间隔为  $18.75\text{ nm}$ ，但这时的横向波导是条宽为  $5\sin 60^\circ = 4.3\mu\text{m}$  的强折射率波导，将有许多横模存在。为了进一步控制横模，在三角形的三个角区浅刻出边长为  $1.5\mu\text{m}$  的三个小三角形形成横向的弱波导，这样在  $4.3\mu\text{m}$  条宽的强折射率波导中形成条宽为  $2\sin 60^\circ = 1.7\mu\text{m}$  的弱波导，从而有利于单横模工作。但是在这弱波导外仍有三角形边形成的强折射率波导，为了更彻底地实现单基横模，我们在第一次深刻蚀以形成全反射的三角形边时，只刻蚀三角形边的中心部分，然后浅刻蚀三条横向波导的边把全反射的三角形边连接起来，这样只有由弱波导限制的模式在三角形边得到全反射，而外部的强折射率波导限制的模式只有部分得到全反射，而部分将泄漏出去。由不同横模间的损耗差，我们可以得到单基横模振荡。

为了得到耦合光输出，我们可以在三角形谐振腔的一个边上通过耦合波导以突破全反射的限制或降低两边的折射率差，控制光场在这位置的反射系数，从而得到耦合光输出。

两个或多个等边三角形组成的菱形或梯形也具有谐振腔的特性，由此我们也可以实现菱形或梯形微谐振腔半导体激光器。

其中这种菱形和梯形是由两个到多个同样大小的等边三角形所组成的，菱形和梯形的外部区域腐蚀到下限制层或衬底，而未腐蚀的菱形和梯形区域作为谐振腔，边界作为反射镜面。

本发明的目的是由以下方案实现的：

一种三角形谐振腔半导体激光器，结构包括普通边发射激光器由下限制层，有源区和上限制层构成的平板波导，其特征在于：等边三角形外部区域腐蚀到下限制层或衬底，而未腐蚀的等边三角形区域作为谐振腔，三角形边作为反射镜面。

三角形谐振腔的三个角区浅腐蚀三个小等边三角形以形成横向波导。

只深刻蚀三角形三条边的中心段作为高反射镜面，并在三角形谐振腔的三个角区浅腐蚀三个小等边三角形以形成横向波导。

三角形的一边上有一耦合波导以得到激光输出。

下面结合附图和实施例对本发明的结构和特征作进一步描述，其中：

图 1 为等边三角形谐振腔的顶视图及其中一条光线的传播途径示意图。

图 2 为本发明第一实施例等边三角形谐振腔半导体激光器结构示意图，在等边三角形谐振腔三个角区又浅腐蚀三个小三角形以控制横向模式。

图 3 是图 2 所示的三角形谐振腔中一个周期折迭传播光束的展开图以及对应的横向光波导的示意图。

图 4 为本发明第二实施例等边三角形谐振腔半导体激光器结构示意图，谐振腔由刻蚀等边三角形三边的中心段所形成，横向波导由连接等边三角形三边中心段的浅刻蚀所形成。

图 5 为根据本发明制作三角形谐振腔半导体激光器的步骤示意图。

其中：图 5a 为步骤 1 的侧视图。

图 5b 为步骤 2 的侧视图。

图 5c 为步骤 3 的顶视图。

图 5d 为步骤 4 的顶视图。

图 5e 为步骤 5 的顶视图。

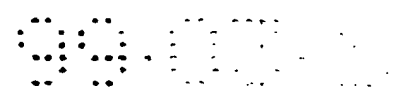
图 6 为具有耦合输出光波导的等边三角形谐振腔半导体激光器。

首先请参阅图 1 所示，图 1 是等边三角形谐振腔 100 的顶视图及其中一条周期性传播的光线 10 的示意图。器件结构材料为在衬底上生长下限制层，有源层及上限制层的普通边发射半导体激光器的平板波导结构材料。由三角形三条边 2、4、6 围成的三角形 40 的外部区域都腐蚀透过下限制层以产生三角形区域内外的折射率差，从而形成三角形谐振腔。图中虚线为任意一条平行于三角形边的光线 10 在腔内的传播途径，可以看出经过在等边三角形边 2、4 和 6 上的六次反射，光线回到原出发点，而且所经距离正好是三角形的周长。

图 2 为本发明第一实施例，在边长为几微米到上千微米的等边三角形谐振腔 100 的三个角区又浅腐蚀三个小等边三角形 101、201、301 形成侧向弱波导。只在中心区 401 注入载流子，则只在中心区 401 内传播的模式能得到有效的增益。光在中心区 401 内传播时受到分界线 15、25、和 35 的横向弱波导及等边三角形边 2、4 和 6 的横向强波导的限制。没有注入的小等边三角形 101、201、301 将减小三角形边 2、4 和 6 的横向强波导的作用。

图 3 是在图 2 所示的等边三角形谐振腔中心区 401 内折迭传播一个周期光束 45 的展开图以及横向光波导示意图。横向弱波导由浅腐蚀区 101、201 和 301 所构成，未注入的腐蚀区 101、201 和 301 同时也限制了光束进一步扩展以及三角形边所形成强折射率波导的影响。两条虚线 45 也代表了横向弱波导的宽度。标明  $2+4+6$  的最外面的两条线形成的横向强波导，由于小三角形 101、201、301 没有注入而降低了作用。

图 4 为本发明第二实施例，深刻蚀出几微米到几百微米长的等边三角形三条边的中心段 55、65 和 75 形成的谐振腔，并浅刻蚀出横向弱波导。这样横向模式除了受横向弱波导限制外还受到反射端面尺寸的控制。50、60 和 70 区为深刻蚀区以得到界面的全反射，而 110、210 和 310 为浅刻



蚀区域以形成横向的弱波导。载流子只在中心区 402 注入, 402 区与 50、60 和 70 的交界 55、65 和 75 是深刻蚀能得到全反射的界面, 而 402 与 110、210 和 310 的界面是横向弱波导。

图 5 为制作图 2 所示的三角形谐振腔半导体激光器的步骤: 图 5a 为步骤 1 (侧视图) 即采用分子束外延或金属有机化合物气相外延等方法在衬底 520 上生长包括下限制层 18, 有源层 16, 上限制层及欧姆接触层 14 的普通边发射激光器片子; 图 5b 为步骤 2 (侧视图), 在外延层上蒸发电极 12; 图 5c 为步骤 3 (顶视图), 在电极上光刻图形并腐蚀掉除中心区 401 外的电极, 同时浅刻蚀以形成横向弱波导, 顶视图上中心区 401 内为电极层 12, 中心区以外则为上限制层 14; 图 5d 为步骤 4 (顶视图), 淀积刻蚀阻挡层 510, 并在阻挡层上光刻出等边三角形 100, 并腐蚀掉三角形外的阻挡层, 顶视图上三角形 100 内为阻挡层 510, 三角形外为上限制层 14; 图 5e 为步骤 5 (顶视图), 采用反应离子束刻蚀得到三角形谐振腔, 并去掉刻蚀阻挡层, 这时顶视图上中心区 401 内为电极层 12, 等边三角形三个角区内为上限制层 14, 而三角形外为上限制层 18 或衬底 520。

图 6 为在三角形谐振腔半导体激光器 40 的一边连接上耦合波导 50 以获得激光输出。在三角形谐振腔边上模式光线是全反射的, 但如果输出波导的端面 505 与三角形边 405 的距离, 即沟槽 90 的宽度, 小至全反射光在三角形外的消逝长度的量级, 则可调节模式光线在这一边上的反射系数从而实现激光输出。沟槽 90 的宽度可通过电子束曝光及离子束腐蚀实现。



# 说明书附图

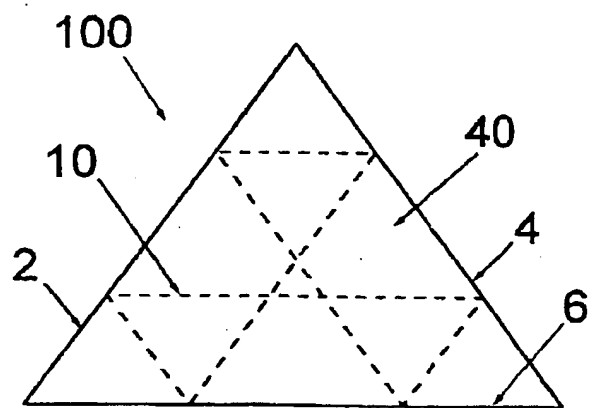


图 1

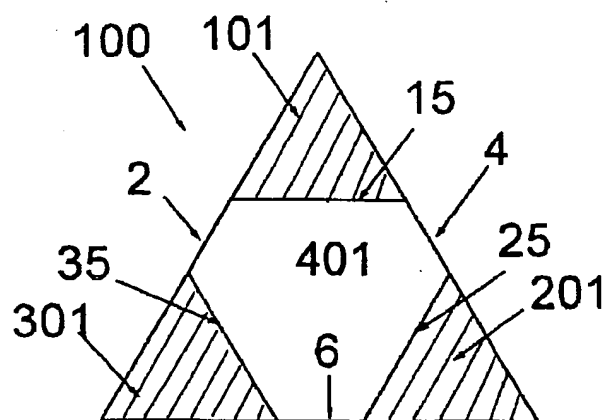


图 2

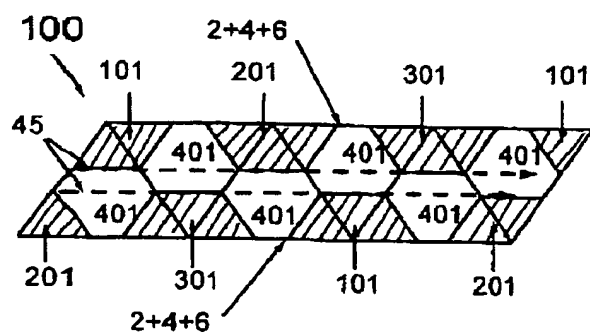


图 3

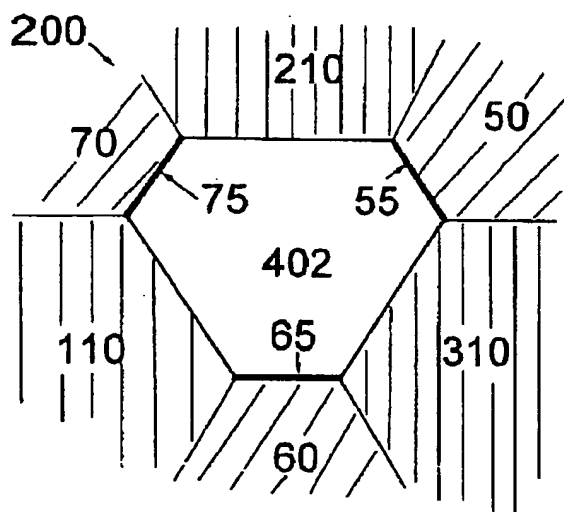


图 4

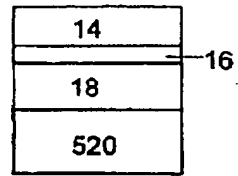


图 5a

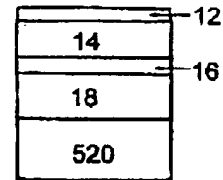


图 5b

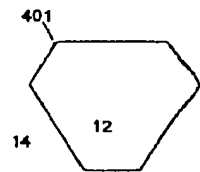


图 5c

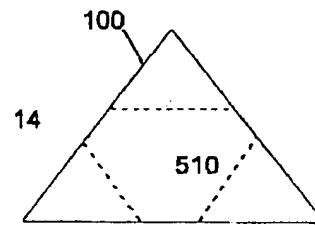


图 5d

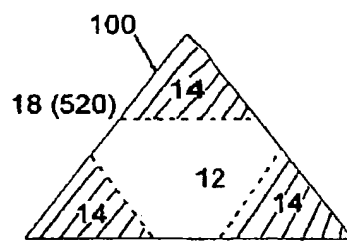


图 5e

图 5

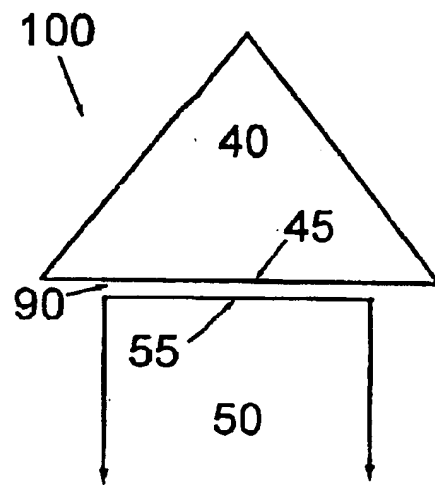


图 6